

УДК 519.711.3

**М. Пилипець<sup>1</sup>, А. Гловин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

<sup>2</sup>(ВП Національного університету біоресурсів і природокористування України "БАГ")

## **МОДЕЛЮВАННЯ ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРИ В СІЧЕНІ ЗАГОТОВКИ В ПРОЦЕСІ ФОРМОУТВОРЕННЯ ГВИНТОВИХ ДЕТАЛЕЙ**

В сучасному машинобудуванні широке застосування знаходять деталі з гвинтовими поверхнями виготовлені методом навивання. Процес формоутворення таких деталей супроводиться взаємодією жорсткого тіла – формувального ролика і металу заготовки, що пластично деформується протягом малого відрізка часу і характеризується локалізацією зони деформування в якій проходять складні процеси переміщення металу. Для створення обладнання та інструменту формоутворення потрібні дані про напружено-деформівний стан матеріалу заготовки та енергосилові характеристики процесу.

Процес формоутворення заготовок товстого ( $H \geq 5$ ) січення потрібно здійснювати в нагрітому до температури горячого оброблення металів тиском (ОМТ) стані. Формоутворення гвинтових деталей здійснюється за теплового стану заготовки, коли температура центральної зони, як правило, вище, температури на поверхні. Обчислюючи енергосилові параметри температурне поле з градієнтом  $200...250^\circ$  не можна не враховувати. Таким чином, визначення температури будь-якої точки пластично деформованого об'єму в загальному зводиться до вирішення просторово-часового рівняння і знаходження функції  $T=f(x,y,z,t)$ , де  $t$  – час теплообміну. Рішення цього рівняння дозволяє отримати набір моментних значень температур у всіх точках деформованого об'єму, тобто температурне поле, яке змінюється з часом, тобто є нестационарним. Тому обчислення температурних полів являє собою багатомірну нестационарну задачу теплопередачі. Оскільки  $\sigma_s = f(T)$ , то  $\sigma_s = f(x, y, z, t)$ . В якості граничних умов прийнято  $\sigma_s = \sigma_{sh} + BT$ , де  $\sigma_{sh}$  – характеристика міцності матеріалу полоси, що навивається при нижній границі температури горячого ОМТ;  $B$  – температурний коефіцієнт. Лінійна апроксимація залежності опору деформації від температури оцінювалася відносно внесеної похибки. Аналіз показав, що для практичного використання похибка невелика і в температурному інтервалі горячого ОМТ не перевищує 9%.

Оскільки час процесу формоутворення невеликий, не враховуючи поширення тепла за час процесу вздовж осі заготовки, тобто рахуємо, що поле температур в процесі формоутворення залишається незмінним, можна записати  $T = T_{нов} + [T=f(x,z)]$ . Тоді закон розподілення температури по січченні заготовки прямокутного січення запишемо у вигляді:

$$T = T_{\text{ііа}} + C \left[ \frac{H^2}{4} - \left( \frac{H}{2} + x \right)^2 \right] \left( \frac{B^2}{4} - z^2 \right),$$

де  $H, B$  – сторони січення заготовки в площині  $x - z$ ;  $T_{нов}$  – температура поверхні заготовки;  $C$  – коефіцієнт, що характеризує кут нахилу відрізка прямої апроксимації кривої зміни характеристики міцності матеріалу заготовки в діапазоні температур горячого ОМТ. Результати розрахунків можна використати для визначення енергосилових параметрів і навантажень необхідних для проектування обладнання та інструментів, що використовуються в процесах формоутворення гвинтових деталей методом навивання.